

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 3933459 A1

21 Aktenzeichen: P 39 33 459.7  
22 Anmeldetag: 6. 10. 89  
43 Offenlegungstag: 18. 4. 91

51 Int. Cl. 5:  
A 61 F 2/00  
A 61 F 2/28  
// B23K 26/00,  
B23C 3/00,  
G09B 23/28

DE 3933459 A1

71 Anmelder:  
Reumann, Karsten, Dipl.-Ing., 3057 Neustadt, DE

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

RECEIVED  
JUL 18 2008  
BROMBERG & SUNSTEIN LLP

54 Vorrichtung und Verfahren zum individuellen Implantataufbau aus biokompatiblen Bausteinen

Es werden große biokompatible, individuell angepasste Implantate gefertigt. Sie werden beispielsweise bei ausgedehnten Trümmerfrakturen oder bei Ersatz nach Resektion von Tumoren verwendet. Die Implantate werden aus vielen kleinen, in sich festen Bausteinen nach dem Legoprinzip aufgebaut. In der Verwendung vieler kleiner Bausteine liegt der Vorteil gegenüber bisher versuchten Verfahren. Das Gesamtverfahren besteht aus fünf Komponenten: Erste Komponente ist die rechnergestützte Datengewinnung durch Computertomographie. Zweite Komponente ist die rechnergestützte Konturdetektion zwischen Knochen und Weichteilen. Dritte Komponente ist die rechnergestützte Scheibenmodellierung, bei der eine Scheibe einer CT-Schicht entspricht. Vierte Komponente ist die rechnergestützte Fertigung von legoähnlichen Bausteinen aus biokompatiblen Material sowie der Konturschnitt pro Scheibe mit einer NC-Maschine. Fünfte Komponente ist der rechnergestützte Aufbau der Scheiben aus Bausteinen sowie der Scheiben zu einem dreidimensionalen Implantat durch einen Roboter.

DE 3933459 A1

## Beschreibung

Die rechnergestützte Rekonstruktion biomedizinischer Objekte auf der Basis bildgebender Verfahren der Medizin (insbesondere Computer-Tomographie, CT) ist derzeit noch Gegenstand der Forschung und steht nur teilweise auch bereits kommerziell zur Verfügung. Ziel der Rekonstruktion sind vor der Operation eines Patienten bereits gefertigte, individuell angepaßte Implantate als Ersatz sowie auch individuell gefertigte Modelle zur Operationsplanung. Damit sind dann bessere Paßformen und kürzere Operationszeiten möglich, offenbare Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren, bei denen individuelle Implantate nicht zur Verfügung stehen, sondern nur grob vorgefertigte oder welche mit Standardmaßen. Die Verwendung des im Rahmen dieser Erfindung gemeinten biokompatiblen Materials soll bewirken, daß der Originalknochen mit der Zeit in das biokompatible Implantat hineinwachsen kann. Im Hinblick auf dieses Ziel ergeben sich ganz neue Aspekte, so daß die Kombination der bekannten Verfahren mit diesen Neuerungen zu der hier verfaßten Erfindung führt.

Bei der rechnergestützten Herstellung werden die Objekte aus gestapelten Scheiben gefertigt, deren Umrisse den Objektkonturen im Computer-Tomogramm entsprechen. Aus den Grauwertmatrizen der CT-Bilder gewinnt man rechnergestützt durch Kantendetektion die Koordinaten von Konturlinien, die den Übergang von Knochenmaterial zu Weichteilen repräsentieren. Mit einem Graphikeditor werden die Koordinaten im Bedarfsfall ergänzt bzw. geändert, wo beispielsweise osäre Defekte infolge Trümmerfraktur die ursprüngliche Knochenform verändert haben. Diese Koordinaten werden zur rechnergestützten Ansteuerung von Werkzeug-(NC-)Maschinen verwendet. Vorzugsweise dient hierzu eine Laserschneidmaschine (Scheibenmodellierung). In einem anderen Verfahren dienen die Objektkonturen als Stützdaten für Flächen, denen dann Verfahrwege für Fräsmaschinen abgeleitet werden (Oberflächenmodellierung).

Jüngste Erfahrungen zeigen, daß noch kein biokompatibles Material zur Verfügung steht, das sich problemlos nach dem Verfahren der Oberflächenmodellierung herstellen bzw. nach der Herstellung bearbeiten läßt: Große Blöcke gesinterten Hydroxylapatits beispielsweise sind fast immer im Innern rissig, so daß der Rohling während der Bearbeitung auseinanderbricht.

Kleinere Blöcke sind dagegen in hinreichender Qualität herstellbar. Sie sind genügend homogen und fest.

Hier setzt die Erfindung ein: Sie verwirft den Ansatz, ein Objekt aus einem Block fertigen zu wollen. Statt dessen werden Bausteine verwendet, die wie ein Mauerwerk zu einem Gesamtobjekt aufgebaut werden. Ein erstes Ziel ist es, eine Rohling wie bisher — jetzt aber aus kleinen Bausteinen und daher in sich fest und nicht rissig — zu erhalten, der wie bislang der Nachbearbeitung zugeführt wird, beispielsweise der spanenden Abtragung, so daß aus dem Rohling ein originalgetreues Implantat entsteht. Das zweite und mit dieser Erfindung insbesondere verfolgte Ziel ist es, die einzelnen Bausteine gleich so zu fertigen, daß die spätere Nachbearbeitung entfällt. Es wird daher das Prinzip der Scheibenmodellierung verwendet, und die Scheiben werden in sich noch in Bausteine unterteilt, die dann zu einem Gesamtobjekt aufgebaut werden. Der Hauptvorteil des Aufbaus eines biokompatiblen Implantats aus Bausteinen liegt darin, daß auf diese Weise große Objekte ohne innere Risse hergestellt werden können. Es ist dann un-

erläßlich — und für die Erfindung kennzeichnend — daß der Verband erstens räumlich originalgetreu (d. h. ohne Koordinatenverschiebung der Scheiben zueinander) und zweitens bleibend stabil aufgebaut wird.

In der Grundidee der Erfindung lassen sich beide Forderungen unter Zuhilfenahme des Legoprinzips erreichen. Auch Techniken, wie Nut-Feder oder Noppen-Gegennoppen sind Hilfstechiken, damit sich die Scheiben nicht gegeneinander verschieben: Auf der einen Seite einer Scheibe sind parallel verlaufende Federn vorzusehen und auf der anderen Seite die entsprechenden Nuten. Befindet sich die Scheibe in einem kartesischen x, y-Koordinatensystem, dann lassen sich zwei Scheiben, deren Nuten und Federn ineinandergreifen in eine Richtung (beispielsweise x-Richtung) nicht mehr gegeneinander verschieben. Damit die Verschiebung auch in y-Richtung verhindert wird, sind Nuten und entsprechende Federn auch senkrecht zur bereits genannten Federschar vorzusehen. Die Federn degenerieren dann zu viereckigen Noppen (1) (Bild 1).

Die so verwendete Technik verhindert ein Verschieben der Scheiben in x- und y-Richtung nach ihrem Zusammenbau. Bei ihrem Zusammenbau wird folgendermaßen, die Erfindung mit kennzeichnend verfahren:

Der Rand eines CT-Bildes mit einer beispielsweise  $512 \times 512$  Grauwertmatrix bildet die Grenzen des lokalen, u, v-Koordinatensystems. Damit sich die lokalen u, v der Bildserie nicht im globalen Koordinatensystem x, y, z verschieben, brauchen die Ränder nur zur Deckung gebracht zu werden. Dies gilt dann auch für die entsprechend den CT-Bildern gefertigten Scheiben. Nach dem Schneiden der Kontur (14) liegt dann pro CT-Schicht eine Modellscheibe (2) und eine Rahmenscheibe (3) vor (Bild 2).

Die Modellscheiben lassen sich ohne weiteres ohne Verschiebung aufbauen, da ihnen ein für das menschliche Auge erkennbares Bezugssystem fehlt. Anders ist dies bei den Rahmenscheiben: Ihre Ränder müssen nur, wie erwähnt, zur Deckung gebracht werden, was hinsichtlich der Handhabbarkeit trivial durchführbar ist.

Der Gesamtaufbau erfolgt dann nach Bild 3 folgendermaßen: Zunächst wird eine aus Bausteinen (13) bestehende Rahmenscheibe  $r_1$  (4) mit ihren Nuten auf die Federn einer Grundplatte (5) gedrückt und die entsprechende Modellscheibe  $m_1$  eingepaßt. Dann wird die Rahmenscheibe  $r_2$  (6) mit ihrem Rand bündig auf die Rahmenscheibe  $r_1$  aufgestapelt und darin wieder die entsprechende Modellscheibe  $m_2$  eingepaßt. Für die übrigen Scheiben  $r_i$ ,  $m_i$  bis  $r_n$  (7),  $m_n$  (8) wird entsprechend verfahren. Dann ist gewährleistet, daß die aus Bausteinen (13) bestehenden Modellscheiben weder in x- noch in y-Richtung verschoben sind. Bild 3 soll nun das Prinzip darstellen. Eine feinere Unterteilung der Scheiben in Bausteine sowie deren Noppen ist in praxi die Regel.

Nach dem Entfernen der Rahmenscheiben bleibt das originalgetreue Modell stehen. Die Rahmenscheiben lassen sich beispielsweise durch einen Schmelzvorgang entfernen, wenn die Materialien der Modell- und Rahmenscheiben verschiedene Schmelzpunkte haben. Zwecks späterer Trennbarkeit müssen die Scheiben zweimal gefertigt werden: Erstens aus biokompatiblen Material für die Modellscheibe und zweitens aus entfernbar (beispielsweise schmelzbarem) Material für die Rahmenscheibe.

Nach dem zuvor Gesagten entstehen Implantate nach der Scheibenmodellierung, die an sich bekannt ist // Neu ist die Verwendung des Nut/Feder-Prinzips, das

zusammen mit entfernbaren Rahmenscheiben als Hilfstech-  
nik zur Koordinatenkonsistenz verwendet wird. Neben diesen voraussetzenden Hilfstech-  
niken ist der Kern der Erfindung die Unterteilung der Scheiben in  
Bausteine. Beispielsweise wird eine viereckige Scheibe  
von 100 x 100 x 3 mm unterteilt in 100 Stück  
10 x 10 x 3 mm große Bausteine. Erst auf der Basis  
dieser Idee wird ein Verfahren möglich, da den Aufbau  
großer Implantate aus derzeit verfügbarem biokompa-  
tiblem Material ermöglicht. Denn kleine Bausteine aus  
diesem Material sind hinreichend fest, große dagegen  
nicht.

Überraschenderweise ergibt sich ein weiterer Vorteil:  
Wenn man Bausteine teilweise hohl fertigt, ergibt sich  
die Möglichkeit der Anpassung des spezifischen Ge-  
wichts vom biokompatiblen (Ersatz-) Material zum  
(Original-) Knochenmaterial. Ein möglichst originalge-  
treuer Ersatz ist das erstrebte Ziel. Dies gilt für die  
Geometrie und ebenso für das Material, weshalb auch  
die Anpassung des spezifischen Gewichts — bei Stirn-  
implantaten beispielsweise — mit von ausschlaggeben-  
der Bedeutung ist. Das biokompatible Hydroxylapatit  
hat beispielsweise ein höheres spezifisches Gewicht als  
Knochensubstanz. Die Bausteine können beispielsweise  
dadurch mit Hohlräumen (9) gefertigt werden, daß man  
tieferen Nuten vorsieht, als die entsprechenden Federn  
ausfüllen (Bild 4).

Die Verwendung des Nut-/Feder-Prinzips hat die  
willkommene Nebenwirkung, daß die Scheiben damit  
sehr einfach für den Schneidvorgang fixiert und nach  
dem Schneidvorgang wieder leicht abgenommen wer-  
den können, was bisher gerade bei sehr dünnen Schei-  
ben unbefriedigend gelöst gewesen ist, weshalb man auf  
die Verwendung dickerer Scheiben angewiesen gewe-  
sen ist. Sehr dünne Scheiben sind aber für glattere Ober-  
flächen erwünscht und werden durch geringes Schicht-  
inkrement bei der CT-Aufnahme oder durch nachge-  
schaltete Zwischenschichtinterpolation gewonnen.

Die einzelnen Bausteine (13) werden zu CT-Schichten  
entsprechenden Scheiben (10) mit ihren Nuten auf die  
Federn einer Halteplatte (11) gedrückt, so daß sie für  
den Schneidvorgang fixiert sind. Die Halteplatte selbst  
wird von den Pratzen (12) des Verfahrtes einer La-  
serschneidmaschine festgehalten (Bild 5). Es wird mit  
solcher Energie und Fokussierung gefahren, daß die  
Knochenkonturen innerhalb der Scheiben geschnitten,  
die Halteplatte aber verschont (oder nur leicht ange-  
ritzt) wird. Sie darf nicht durchgeschnitten werden, da  
sonst ihre Haltefunktion verloren wäre. Die Haltefunk-  
tion ist nötig, da die Scheiben sonst unkontrolliert vom  
Verfahrtisch fallen oder kleine Strukturen bei der Ver-  
wendung einer Absaugvorrichtung weggesogen wer-  
den.

Von Scheibe zu Scheibe versetzte Bausteine können  
die Stabilität beim späteren Aufbau des 3D-Modells  
bzw. Implantats erhöhen. Nach dem Schneiden werden  
die aus Bausteinen bestehenden Scheiben wie oben be-  
sprochen gestapelt. Die Stabilität kann in vielen Fällen  
bereits hinreichen, wenn nur Modelle zur Veranschauli-  
chung oder Operationsplanung nötig sind. Bei Implan-  
taten wird eine noch höhere Stabilität verlangt, was durch  
eine zusätzliche Verklebung erfolgt. Die zusätzliche  
Verklebung bewirkt dann eine Haltbarkeit, die die ho-  
mogenen Materialien sogar übertreffen kann. (Dieser  
Effekt ist ja beispielsweise von Leimholzplatten her be-  
kannt.) Die Bauteile sind durch ihre Nuten und Federn  
fest aneinandergepreßt, so daß keine andere, den weite-  
ren zügigen Aufbau des Implantats verzögernde Vor-

richtung zur Fixierung der Bauteile während des Abbin-  
dens des Klebers vorgesehen werden muß. Hierin liegt  
ein weiterer Vorteil des Aufbaus nach dem Nut/Federn-  
Prinzip.

Überraschend ergibt sich nach den vorangehenden  
Betrachtungen noch ein weiterer Aspekt:

Wurde bislang von künstlichem biokompatiblen Ma-  
terial ausgegangen, so lassen sich die angestellten Be-  
trachtungen mit Vorteil auch auf natürliches Material  
übertragen. Nämlich immer dann, wenn nicht genügend  
große Rohlinge aus einem Stück zur Verfügung stehen.

Der Aufbau und die Stabilisierung von 3D-Scheiben-  
modellen ist mit dem dargelegten Verfahren sowie mit  
der beschriebenen Anordnung gelöst.

Es wurde allerdings davon ausgegangen, daß der Auf-  
bau manuell erfolgt. Darin liegt der Engpaß des Ge-  
samtvorgangs, das mit seinen Teilkomponenten, näm-  
lich erstens CT, zweitens Konturdetektion, drittens  
3D-Scheibenmodellierung, viertens Fertigung aus Bau-  
steinen jeweils rechnergestützt und vollautomatisch er-  
folgt. Im fünften und letzten Schritt wird die Verfah-  
renskette durch den Einsatz eines Roboters zu einem inte-  
grierten Gesamtsystem geschlossen, in dem keine ma-  
nuelle Tätigkeit mehr nötig ist. Da das Koordinaten-  
system rechnerintern bekannt und konsistent ist, benötigt  
man beim Aufbau mit einem rechnergesteuerten Robo-  
ter im Prinzip auch keine Rahmenscheiben. Sie können  
(und für den Allgemeinfall müssen sie) aber auch hier  
beim Aufbau sozusagen als Stützmauer dienen. Die Nu-  
ten/Federn der Bausteine, die ursprünglich nur als Fi-  
xiermöglichkeit der Bausteine untereinander gedacht  
sind, dienen jetzt auch als Angriffskörper für die Robo-  
tergreifer.

#### Patentansprüche

1. Anordnung zum individuellen Implantataufbau  
aus biokompatiblen Bausteinen, d. h. Fertigung von  
Ersätzen insbesondere von Knochenteilen, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Anordnung folgen-  
de Bestandteile umfaßt:

- a) einen Bildgeber zur Erzeugung der das Or-  
gan repräsentierenden Primärdaten,
- b) einen Wandler zur Überführung der Pri-  
märdaten in Verfahrwegdaten von Werkzeug-  
maschinen,
- c) eine Werkzeug-(NC-)Maschine, die Teil-  
stücke des Implantats fertigt,
- d) einen Mechanismus zur Zusammenfügung  
der Teilstücke zu einem Implantat.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Bildgeber ein Computer-Tomo-  
graphie-(CT-)Gerät ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Wandler ein Computer ist, auf  
dem ein Programmsystem läuft, das entsprechend  
den im folgenden genannten Ansprüchen spezifi-  
sche Daten generiert.

4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die NC-Maschine eine Laserschnei-  
maschine ist.

5. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die NC-Maschine eine Fräsmaschine  
ist.

6. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Implantataufbau aus NC-ge-  
schnittenen Teilstücken erfolgt, die Legobauste-  
nen ähneln, so daß sie sich wie Legomodelle auf-

bauen lassen.

7. Anordnung nach Anspruch 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler Daten aus dem CT generiert, die den Übergang der Knochen zum Weichteilgewebe, d. h. Konturlinien, generiert.

8. Anordnung nach Anspruch 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler die Konturlinien rechnerisch in die Tiefe zieht, so daß Scheiben entstehen.

9. Anordnung nach Anspruch 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler die Scheiben in Teilstücke unterteilt, die hinreichend klein sind, daß sie noch aus biokompatiblen Material gewonnen werden können.

10. Anordnung nach Anspruch 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler solche Verfahrenwege generiert, daß die Teilstücke Nuten und Federn an der Ober- bzw. Unterseite erhalten, so daß die Teilstücke später wie Kletten aneinandergefügt werden können.

11. Anordnung nach Anspruch 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorschrift zum Implantataufbau Modell- und Rahmenscheiben vorsieht. Die Rahmenscheiben dienen als Schablonen, so daß ein exakter Aufbau erzwungen wird. Der Aufbau kann dann manuell und von wenig geschultem Personal erfolgen.

12. Anordnung nach Anspruch 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß für den Implantataufbau ein Roboter hinzugezogen wird, der durch die rechnerischen vorhandenen Daten so gesteuert wird, daß die Teilstücke exakt in x,y,z-Position aufgebaut werden.

13. Verfahren zum individuellen Implantataufbau aus biokompatiblen Bausteinen, d. h. Fertigung von Ersatzteilen insbesondere von Knochenteilen, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren folgende Bestandteile umfaßt:

- a) einen Bildgeber zur Erzeugung der das Organ repräsentierenden Primärdaten,
- b) einen Wandler zur Überführung der Primärdaten in Verfahrenswegdaten von Werkzeugmaschinen,
- c) eine Werkzeugmaschine, die Teilstücke des Implantats fertigt,
- d) einen Mechanismus zur Zusammenfügung der Teilstücke zu einem Implantat.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildgeber ein Tomographie-Gerät ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler ein Computer ist, auf dem ein Programmsystem läuft, das entsprechend den im folgenden genannten Ansprüchen spezifische Daten generiert.

16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die NC-Maschine eine Laserschneidmaschine ist.

17. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Implantataufbau aus NC-geschnittenen Teilstücken erfolgt, die Legobausteinen ähneln, so daß sie sich wie Legomodelle aufbauen lassen.

18. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß als bildgebendes Verfahren jedes in Frage kommt, aus dem sich koplanare Konturlinien ableiten lassen.

19. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,

daß jede Werkzeugmaschine verwendet werden kann, die der Geometrie der Kontur- und Teilstücke entsprechend verfahren kann.

20. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler Daten aus dem CT generiert, die den Übergang der Knochen zum Weichteilgewebe, d. h. Konturlinien, generiert.

21. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler die Konturlinien rechnerisch in die Tiefe zieht, so daß Scheiben entstehen.

22. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler die Scheiben in Teilstücke unterteilt, die hinreichend klein sind, daß sie noch aus biokompatiblen Material gewonnen werden können.

23. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Implantat aus biokompatiblen Teilstücken aufgebaut wird.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die biokompatiblen Teilstücke in ihrer Geometrie in Anlehnung an das Legoprinzip gefertigt werden.

25. Verfahren nach Anspruch 15 und 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler solche Verfahrenwege generiert, daß die Teilstücke mit Nuten und Federn an der Ober- bzw. Unterseite gefertigt werden, so daß sie sich ähnlich wie Kletten zu einem Gesamtverband aufbauen lassen.

26. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilstücke wie bei einem Mauerwerk versetzt aufgebaut werden, so daß sich durch Überlappung eine erhöhte Stabilität ergibt.

27. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilstücke mit bioverträglichem Kleber zusammengefügt werden, so daß der Gesamtverband eine Stabilität erhält, die homogenem Material aus einem Block nicht nachsteht, sondern in vielen Fällen sogar übertrifft.

28. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Bausteine so gefertigt werden, daß beim Gesamtaufbau gleichmäßig verteilte Hohlräume entstehen mit dem Ziel, das gleiche spezifische Gewicht zu erzielen wie das des zu ersetzenden Knochens.

29. Verfahren nach Anspruch 25 und 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlräume dadurch entstehen, daß die Nuten der Bausteine tiefer ausgeführt werden, als die entsprechenden Federn ausfüllen können.

30. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß beim Aufbau viereckige Scheiben verwendet werden, die ihrer äußeren Berandung nach der CT-Matrix (beispielsweise 512 x 512 Pixeln) entsprechen.

31. Verfahren nach Anspruch 13 und 30, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der viereckigen Scheiben Konturen geschnitten werden, die den Übergang der Knochen zu Weichteilen repräsentieren. Im Inneren entsteht dann die Modellscheibe. Sie ist umgeben von der Rahmenscheibe, die als Schablone beim Modell- bzw. Implantataufbau dient.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Rahmenscheiben verhindern, daß die Modellscheiben verschoben aufgebaut werden, so daß jeder Ungeübte den Aufbau exakt und sicher vornehmen kann.

33. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß der Implantataufbau aus Teilstücken erfolgt, deren Position im Raum dem rechnerinternen Modell bekannt ist, so daß der Rechner diese Position einem Roboter übergeben kann, der die Teilstücke dann zu einem Gesamtverband zusammensetzt. 5

34. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilstücke mit Federn (Noppen) versehen sind, die als Angriffskörper für Greiffinger eines Roboters dienen. 10

35. Verfahren nach Anspruch 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler die Daten so interpoliert, daß die äußeren Teilstücke einer Scheibe an ihren Rändern so schräg gefertigt werden, daß eine polyedrische anstelle einer durch die Scheibentechnik verursachte treppenstufige Oberfläche entsteht. 15

36. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtheit der Rahmenscheiben, die auch als stützende Form aufgefaßt werden kann, nach diesem Verwendungszweck thermisch entfernt (geschmolzen) wird. 20

37. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtheit der Rahmenscheiben, die auch als stützende Form aufgefaßt werden kann, nach diesem Verwendungszweck chemisch oder mechanisch entfernt wird. 25

38. Anordnung und Verfahren nach Anspruch 1—37, dadurch gekennzeichnet, daß auf dieselbe Weise auch Modelle zum Zweck der präoperativen Planung und Simulation hergestellt werden können. Hierbei sind dann für Modelle adäquate Materialien verwendbar, wie beispielsweise Holz, Acrylglas. 30

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

35

40

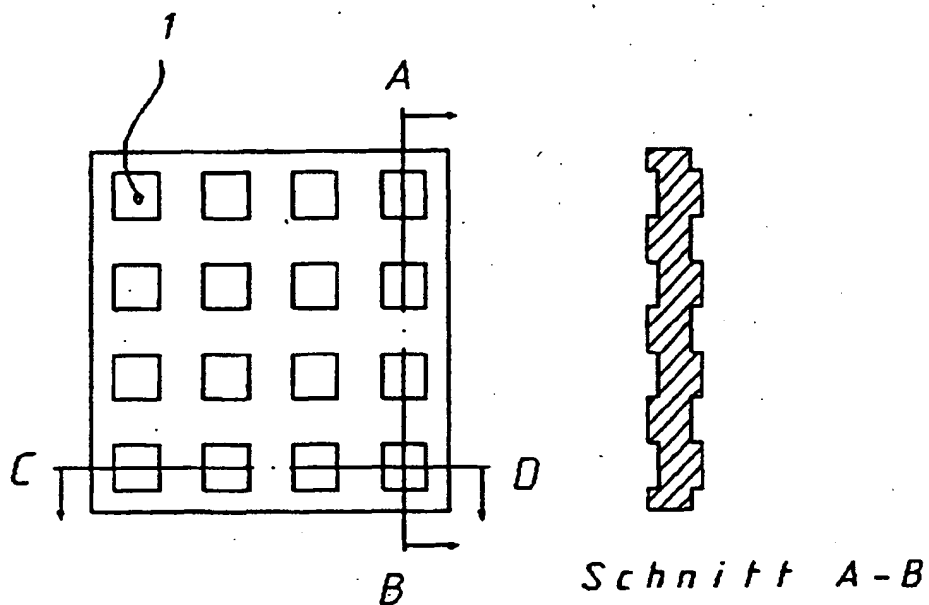
45

50

55

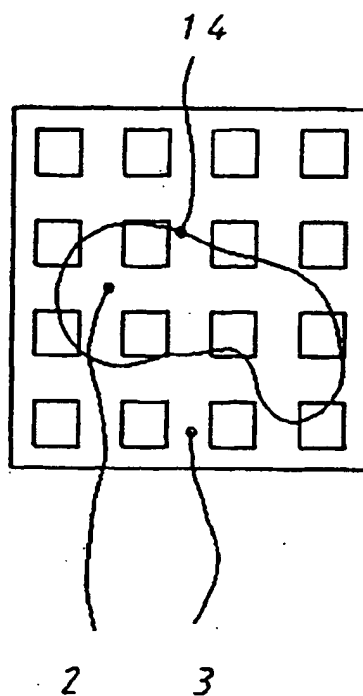
60

65

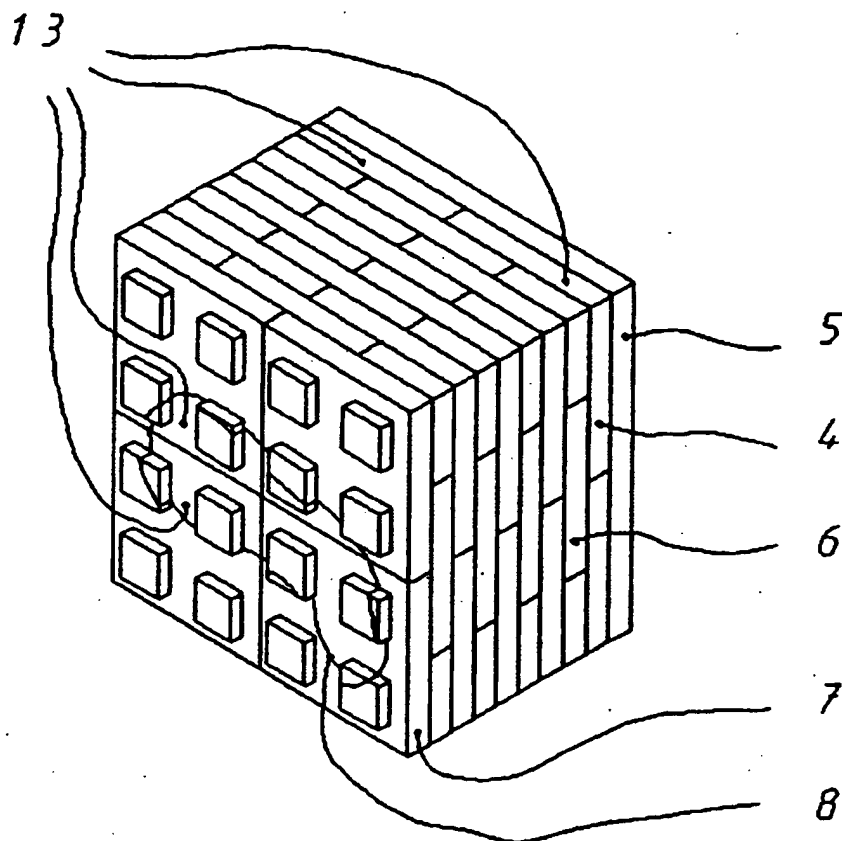


*Schnitt C-D*

*Bild 1*



*Bild 2*



*B i l d 3*



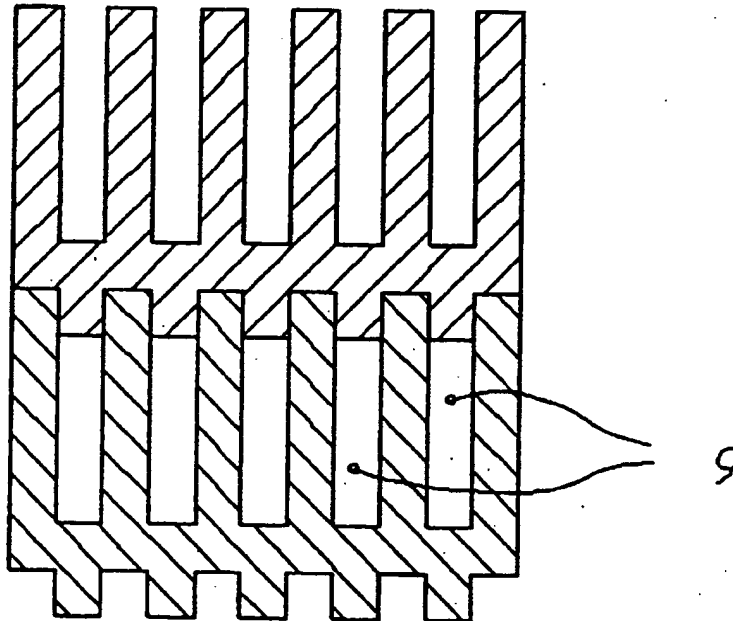


Bild 4

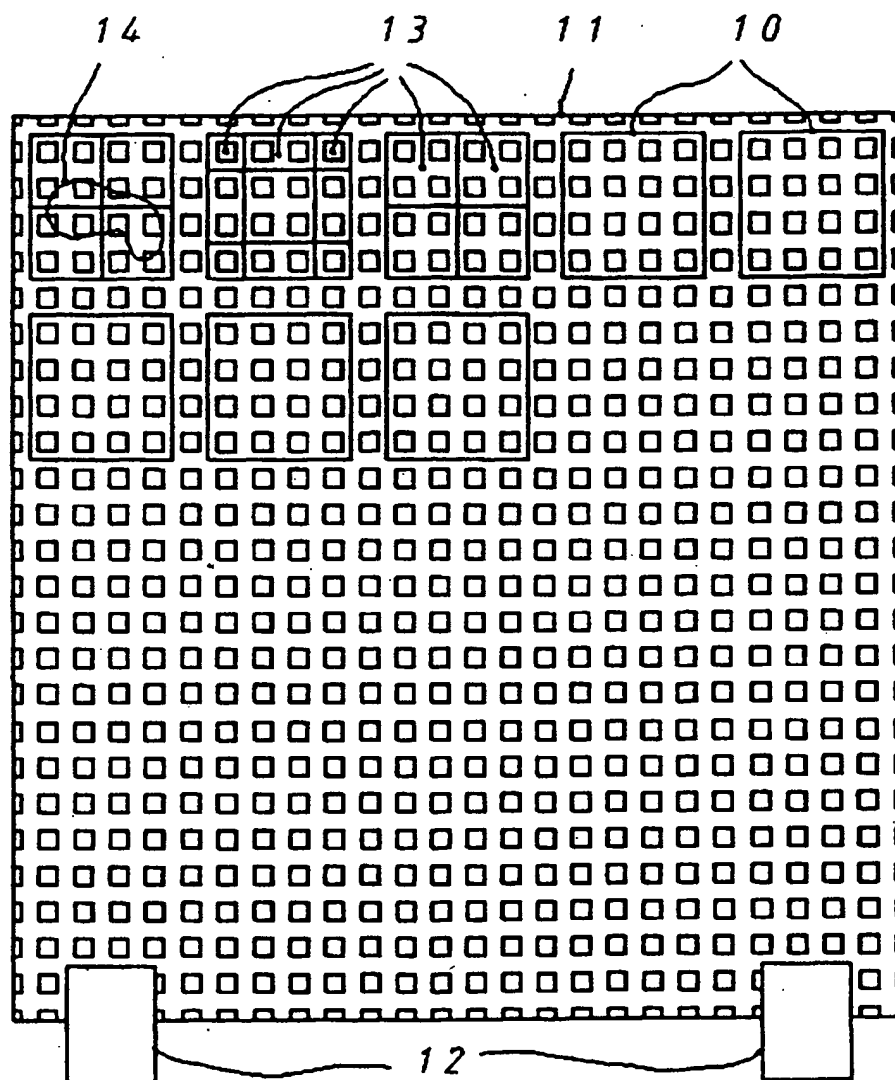


Bild 5